

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

---

**~~IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.~~**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**THE BLANK (USPTO)**

MENU

SEARCH

INDEX

DETAIL

BACK

NEXT

2/4



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: 10166064

(43)Date of publication of application: 23.06.1998

(51)Int.Cl.

B21D 7/06

(21)Application number: 08324976

(71)Applicant:

NIPPON LIGHT METAL CO LTD

(22)Date of filing: 05.12.1996

(72)Inventor:

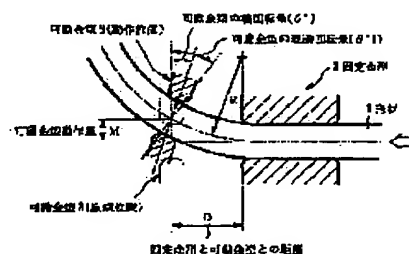
TSUGE MITSUO  
HAKAMATA TADASHI  
HINO HARUMICHI  
SUGIYAMA KEIICHI

(54) METHOD FOR BENDING SHAPE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To precisely and efficiency execute a complicated bending in two dimensions or three dimensions by precisely and easily estimating the spring back amount of extruding and bending an Al extruding shape.

SOLUTION: A correcting coefficient (S) shown in the ratio (Rs/R0) of the theoretical radius of curvature (R0) obtained from the positional relation of a fixing die 2 and a moving die 3 and a real bent radius of curvature (Rs) is calculated with next equations, and the motion amount of the moving die is decided based on this correcting coefficient.  $S = \alpha_1 \times \{1/(1-n)\} \times \sigma 0.2 \beta$ . In here,  $b = \alpha_2 \times Rsc$ ,  $c = \alpha_3 \times (Z0.132/A0.1)$ ,  $\alpha_1$  is the coefficient (0.5 to 0.6),  $\alpha_2$  is the coefficient (0.05 to 0.10),  $\alpha_3$  is the coefficient (0.1 to 0.2),  $\sigma 0.2$  is 0.2% yield strength in a tension test, (n) is the work hardening index, A is the cross-section area of a shape, and Z is the average value of the tension side and the compression side in the cross-section of the shape.



LEGAL STATUS

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

98.7/28 287/6r  
 98.7/28 287/6r

(19) 日本国特許庁 (JP)

# (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 10 - 166064

(43) 公開日 平成10年(1998)6月23日

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

B 2 1 D 7/06

識別記号

庁内整理番号

F I

B 2 1 D 7/06

技術表示箇所

M

審査請求 未請求 請求項の数 5

O L

(全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平 8 - 3 2 4 9 7 6

(22) 出願日 平成8年(1996)12月5日

(71) 出願人 000004743

日本軽金属株式会社

東京都品川区東品川二丁目2番20号

(72) 発明者 柘植 光雄

静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号 日

本軽金属株式会社グループ技術センター内

(72) 発明者 袴田 唯史

静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号 日

本軽金属株式会社グループ技術センター内

(72) 発明者 樋野 治道

静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号 日

本軽金属株式会社グループ技術センター内

(74) 代理人 弁理士 小倉 亘 (外1名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 型材の曲げ加工方法

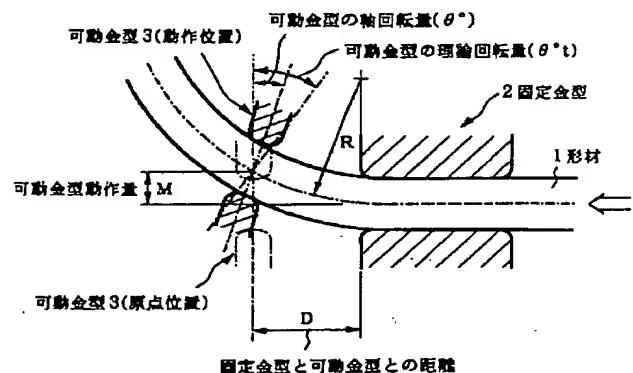
(57) 【要約】

【目的】 A 1 押出し型材の押し通し曲げのスプリングバック量を高精度かつ容易に予測し、2次元或は3次元の複雑な曲げ加工を高精度かつ効率的に行う。

【構成】 固定金型と可動金型の位置関係から求められる理論曲げ半径 (R<sub>0</sub>) と実際に曲げられた半径 (R<sub>a</sub>) との比 (R<sub>a</sub> / R<sub>0</sub>) で表される補正係数 (S) を次式で算出し、この補正係数に基づいて可動金型の動作量を決定する。

$$S = \alpha_1 \times \{1 / (1 - n)\} \times \sigma_{0.2}^b$$

但し、 $b = \alpha_2 \times R_a^c$ 、 $c = \alpha_3 \times (Z^{0.132} / A^{0.1})$ 、 $\alpha_1$  : 係数 (0.5 ~ 0.6)、 $\alpha_2$  : 係数 (0.05 ~ 0.10)、 $\alpha_3$  : 係数 (0.1 ~ 0.2)、 $\sigma_{0.2}$  : 引張り試験における0.2%耐力、 $n$  : 加工硬化指数、 $A$  : 型材の断面積、 $Z$  : 型材断面における引張側と圧縮側の断面係数の平均値。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 固定金型に対して可動金型を変位した位置に設定し、固定金型及び可動金型に型材を押し通して曲げ加工する際、固定金型と可動金型の位置関係から求められる理論曲げ半径 ( $R_0$ ) と実際に曲げられた半径 ( $R_a$ ) との比 ( $R_a/R_0$ ) で表されるスプリングバック補正係数 ( $S$ ) を、予め実験により、引張り試験における0.2%耐力  $\sigma_{0.2}$ 、加工硬化指数  $n$ 、型材の断面積  $A$ 、型材断面における引張側と圧縮側の断面係数の平均値  $Z$  を関数とする関係式を求め、この関係式により算出された補正係数に基づいて可動金型の動作量を決定する型材の押し通し曲げ加工方法。

【請求項2】 固定金型に対して可動金型を変位した位置に設定し、固定金型及び可動金型に型材を押し通して曲げ加工する際、固定金型と可動金型の位置関係から求められる理論曲げ半径 ( $R_0$ ) と実際に曲げられた半径 ( $R_a$ ) との比 ( $R_a/R_0$ ) で表されるスプリングバック補正係数 ( $S$ ) を次式 (1)、(2)、(3) で算出し、算出された補正係数に基づいて可動金型の動作量を決定することを特徴とするアルミニウム又はアルミニウム合金押出型材の押し通し曲げ加工方法。

$$S = \alpha_1 \times \{1 / (1 - n)\} \times \sigma_{0.2}^b \quad \dots (1)$$

$$b = \alpha_2 \times R_a^c \quad \dots (2)$$

$$c = \alpha_3 \times (Z^{0.132} / A^{0.1}) \quad \dots (3)$$

$\alpha_1$  : 係数

$\alpha_2$  : 係数

$\alpha_3$  : 係数

$\sigma_{0.2}$  : 引張り試験における0.2%耐力 (N/mm<sup>2</sup>)

$n$  : 加工硬化指数

$A$  : 型材の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$Z$  : 型材断面における引張側と圧縮側の断面係数の平均値 (mm<sup>3</sup>)

【請求項3】 上記 (1) 式の  $\alpha_1$  について、実測されたスプリングバック補正係数 ( $S = R_a/R_0$ ) と0.2%耐力  $\sigma_{0.2}$  及び加工硬化指数  $n$  の関係を示す曲線から求め、上記 (2) 式の  $\alpha_2$  について、上記曲線から求められる  $b$  値と成形後の曲げ半径の関係を表す曲線から求め、上記 (3) の  $\alpha_3$  について、 $c$  値と断面積及び断面係数との関係を表す曲線から求め、これらによりスプリングバック補正係数 ( $S$ ) を算出して、算出された補正係数に基づいて可動金型の動作量を決定することを特徴とする請求項2記載のアルミニウム又はアルミニウム合金押出型材の押し通し曲げ加工方法。

【請求項4】 前記式において、 $\alpha_1 = 0.5 \sim 0.6$ 、 $\alpha_2 = 0.05 \sim 0.10$ 、 $\alpha_3 = 0.1 \sim 0.2$  とすることを特徴とする請求項2又は3記載のアルミニウム又はアルミニウム合金押出型材の押し通し曲げ加工方法。

【請求項5】 前記式において、 $\alpha_1 = 0.54$ 、 $\alpha_2 = 0.08$ 、 $\alpha_3 = 0.144$  とすることを特徴とする請求項3又は4記載のアルミニウム又はアルミニウム合金押出型材の押し通し曲げ加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、自動車等の車両のフレーム材や建築用部材等に使用されるアルミニウム又はアルミニウム合金 (以下、A1合金という。) 押し出し型材等の型材を押し通し曲げにより二次元又は三次元的に曲げ加工する方法に関する。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、自動車等の車両のフレーム材や建築用部材等に使用されるアルミニウム又はアルミニウム合金 (以下、A1合金という。) 押し出し型材等の型材を押し通し曲げにより二次元又は三次元的に曲げ加工する方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 A1合金押し出し型材等の長尺型材を曲げ加工する方法には、回転引き曲げ (ドローベンディング)、引張り曲げ (ストレッチベンディング) や押し通し曲げ等がある。押し通し曲げは、図1に示すように、固定金型2に向けて上下移動、図中奥行き方向及び手前方向への移動、及び回転可能な可動金型3を配置し、型材1を固定金型から所定の位置と角度に設定された可動金型に対して押し通すことによってこれらの金型の位置関係と角度によって決まる曲率の曲げ加工を行うものである。これらの固定金型、可動金型の位置関係及び曲げ加工の曲率との関係についてみると、図1において、固定金型と可動金型の間を通る型材は、可動金型の動作量を表す軸移動量  $M$  と固定金型と可動金型の間隔  $D$  で定まる曲率半径  $R$  の曲率で曲げられ、軸回転量  $\theta$  に設定された可動金型を通して曲げ加工される。この場合、可動金型の軸回転量  $\theta^\circ$  は、理論回転量  $\theta_e^\circ$  (曲率半径  $R$  で型材が可動金型を通過する場合、型材の軸線と直交する可動金型のなす角度: 図1参照) の45~55%の軸回転量とすることで曲げ加工時の座屈や皺の発生が防止される (平成7年特許願第353511号)。ところで、このような曲げ加工を行う場合、弾性域における変形に相当する型材のスプリングバックを伴うから、上記の固定金型と可動金型との位置関係で定まる曲げ半径  $R (=R_0)$  に対して、実際に曲げられた型材の曲率半径  $R_a$  は、スプリングバック分だけ元に戻る。従って、曲率半径  $R$  の曲げ加工を行うには、固定金型と可動金型との位置関係で定まる曲げ半径  $R (=R_0)$  を型材固有のスプリングバック量を見込んで補正する必要がある。

【0003】 この押し通し曲げ加工は、二次元及び三次元の曲げ加工の自由度が大きく複雑な形状の曲げ加工に適用できるが、一般的な回転引き曲げ等に比して曲げ半径  $R$  が大きいものとなる。即ち、加工度が比較的小さく、曲げ加工が行われる塑性域の変形度合いに対して弾性域の変形度合いが大きいために、加工度に比して加工された型材の内部に残存する弾性歪みが大きく、この弾性歪みは可動金型を通過した後の型材のものと形状に復元しようとするスプリングバックの原因となることから、加工精度に対するスプリングバックの影響が大きい。しかも、スプリングバックは、加工型材の断面積

状、材質、加工度等の種々の加工条件によって複雑に異なるため、加工条件として解析、定量化したりすることは困難である。このため、目標とする加工形状に型材を成形する場合、これらの加工条件を変えて多くの試行錯誤を繰り返すことによって、適正な加工条件を割り出す必要がある。しかしながら、曲げ半径や曲げ方向が途中で変化する場合、或いは三次元において曲げられた型材の曲げ条件を把握して修正することは極めて困難であり、曲げ加工精度向上及び生産性から問題となっていた。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、このような問題を解消すべく案出されたものであり、目標とする曲げ形状を得るためのスプリングバック量を容易に予測し、この試行錯誤の回数を大幅に減らして効率的に曲げ加工を行うことを目的とする。

#### 【0005】

【課題を解決するための手段】本第1の発明の曲げ加工方法は、その目的を達成するため、固定金型に対して可動金型を変位した位置に設定し、固定金型及び可動金型の位置関係から求められる理論曲げ半径( $R_0$ )と実際に曲げられた半径( $R_a$ )との比( $R_a/R_0$ )で表されるスプリングバック補正係数( $S$ )を、予め予備実験により、引張り試験における0.2%耐力 $\sigma_{0.2}$ 、加工硬化指数 $n$ 、型材の断面積 $A$ 、型材断面における引張り側と圧縮側の断面係数の平均値 $Z$ を関数とする関係式を求め、この関係式により算出された補正係数に基づいて可動金型の動作量を決定することを特徴とする型材の押し通し曲げ加工方法である。更に、本第2の発明の曲げ加工方法は、その目的を達成するため、固定金型に対して可動金型を変位した位置に設定し、固定金型及び可動金型に型材を押し通して曲げ加工する際、固定金型と可動金型の位置関係から求められる理論曲げ半径( $R_0$ )と実際に曲げられた半径( $R_a$ )との比( $R_a/R_0$ )で表されるスプリングバック補正係数( $S$ )を次式(1)、(2)、(3)で算出し、算出された補正係数

に基づいて可動金型の動作量を決定することを特徴とする。

$$S = \alpha_1 \times \{1 / (1 - n)\} \times \sigma_{0.2}^b \cdots (1)$$

$$b = \alpha_2 \times R_a^c \cdots (2)$$

$$c = \alpha_3 \times (Z^{0.132} / A^{0.1}) \cdots (3)$$

$\alpha_1$  : 係数 (0.5 ~ 0.6)

$\alpha_2$  : 係数 (0.05 ~ 0.10)

$\alpha_3$  : 係数 (0.1 ~ 0.2)

$\sigma_{0.2}$  : 引張り試験における0.2%耐力 (N/mm<sup>2</sup>)

10

$n$  : 加工硬化指数

$A$  : 型材の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$Z$  : 型材断面における引張り側と圧縮側の断面係数の平均値 (mm<sup>3</sup>)

#### 【0006】

【発明の実施の形態】曲げ加工に伴うスプリングバックには多くの因子が影響するが、実用上影響の大きなものとして、型材の0.2%耐力( $\sigma_{0.2}$ )、加工硬化指数( $n$ 値)、曲げ半径( $R$ )、断面係数( $Z$ )及び断面積( $A$ )が挙げられる。本発明者らは、これらの因子を関数として導かれる関係式により求めたスプリングバック補正係数により曲げ加工を行うことにより実用的な曲げ加工を行えることを明らかにし、また、本発明者らは、A1合金押し出し型材において、各因子についてスプリングバックとの関係式を実験によって具体的式として明らかにし、その実験結果からスプリングバックを定量的に予測できる前述の関係式を導き出した。この関係式に従うとき、多数の試行錯誤を繰り返すことなく、数回程度のテスト成形で誤差の範囲に収まる曲げ加工が可能になった。

20

30

スプリングバック量予測式の導出

表1に示す型材を用いて、種々の曲率の曲げ加工を行い、スプリングバック量の測定を行った。尚、材質は、アルミニウム合金JIS A6063を用い、熱処理条件を変化させ、機械的性質を変化させた。

#### 【0007】

表1: 試料形材の特性

番号	断面形状	$\sigma_{0.2}$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{0.2}$ N/mm <sup>2</sup>	n	断面係数 mm <sup>3</sup>	断面積 mm <sup>2</sup>
1	□30×2t	156	74	0.269	1961	224
		202	135	0.198	"	"
		222	174	0.153	"	"
2	□50×2t	175	81	0.317	5908	384
		182	105	0.267	"	"
		198	124	0.227	"	"
		205	177	0.114	"	"
3	日50×2t	169	81	0.293	6557	476
		171	92	0.269	"	"
		193	139	0.170	"	"
		199	158	0.130	"	"
4	□60×2t	172	79	0.297	8682	464
		209	130	0.228	"	"
		236	189	0.148	"	"

【0008】これら試料番号1～4のそれぞれの形材について、理論曲げ半径 $R_0$ を125mm、200mm、250mm及び275mmとした曲げ加工実験を行い、以下の第一～第三の手順でそれぞれのスプリングバック量に与える各因子の影響を明らかにした。第一に、スプリングバック量と材料特性値( $\sigma_{0.2}$ 、n)との関係について求める。スプリングバック補正係数(S)に対して、材料特性値である加工硬化指数n及び0.2%耐力 $\sigma_{0.2}$  (N/mm<sup>2</sup>)の関係について求めた結果を図2～5に示す。図中のプロットされた点に添付された数字は、それぞれ固定金型と可動金型との位置関係で定まる曲げ半径(理論曲げ半径)125～275(mm)に対する曲げ加工後スプリングバックによって回復した実際の曲げ半径(mm)を表す。即ち、図2は、試料番号1の形材について、ジュラコン金型を用いて、□断面30\*

\*×30mm、厚さ2mmの形材の曲げ加工を行った結果を示し、固定金型と可動金型との位置関係で定まる曲げ半径125～275(mm)に対する曲げ加工後スプリングバックによって回復した実際の曲げ半径(mm)の関係を表すスプリングバック補正係数と材料特性値をプロットしたものである。曲線 $R_0=300$ (mm)～ $R_0=2500$ (mm)は、プロットされた各データの成形後の曲げ半径( $R_0$ :各プロットされたデータに添書されたもの。)を基に内挿或いは外挿によって導き出されたものであり、この曲げ半径( $R_0$ )で整理された関係式を用いてスプリングバックを予測する場合、目標となる曲げ半径を示す。以下、図3～5は、同様にして試料番号2～4の形材についてプロットし、曲げ半径 $R_0$ について内挿或いは外挿して求めた曲線を示す。これらの曲線から次の式(1)が導かれる。

$$S \times (1-n) = 0.54 \times \sigma_{0.2}^b$$

$$S = \{0.54 / (1-n)\} \times \sigma_{0.2}^b \quad \dots (1)$$

なお、上記の式(1)中の係数0.54は、形材の材料特性値等により、実用上、0.5～0.6の範囲の値を採ることができる。上記の(1)式中のb値は、前記の図2～5に示されるように、形材の各断面形状と成形後の曲率半径( $R_0$ )によって異なる値であり、曲げ半径の影響を受けるものである。

【0009】そこで、第二に、b値と曲げ加工後の曲げ半径 $R_0$ との関係を、各断面形状毎に求める。この $R_0$ とb値の間には、前記各図2～5の各曲線 $R_0$ に示す関係があり、これらを整理して求めた値を各断面形状毎に表2に示す。更に、この関係を、図6～9に示す。

【0010】



表2: R<sub>a</sub> と b 値との関係

□30×2t		□50×2t		日50×2t		□60×2t	
R <sub>a</sub>	b 値	R <sub>a</sub>	b 値	R <sub>a</sub>	b 値	R <sub>a</sub>	b 値
300	0.28	500	0.38	500	0.37	1000	0.48
500	0.31	1000	0.45	1000	0.44	2000	0.55
1000	0.38	2000	0.53	2000	0.53	3000	0.61
1500	0.43	3000	0.59	3000	0.59	4000	0.65
2000	0.47	4000	0.63	4000	0.64	5000	0.68
2500	0.50	—	—	—	—	10000	0.80
R <sub>a</sub> : 実測曲げ半径 (mm)							

【0011】図6～9の曲線から、b 値と曲げ加工後の曲げ半径 R<sub>a</sub> との関係は下式 (2) の如く表される。

$$b = 0.08 \times R_a^c \quad \dots (2)$$

なお、上記式 (2) 中の係数 0.08 は、材料特性値や、断面形状等により、0.05～0.10 の範囲の値を採ることができる。上記式 (2) 中の c の値は、各断

\* 面形状によって異なる値であり、断面形状の影響を受けるものである。そこで、第三に、c 値と断面形状との関係を求める。前記図6～9に示す曲線から求められる c 値とその断面係数及び断面性能値との関係を表3に示す。

【0012】

表3: 断面形状及び断面性能値と c 値との関係

断面形状	断面係数: Z mm <sup>3</sup>	断面積: A mm <sup>2</sup>	c 値
□30×2t	1961	224	0.227
□50×2t	5908	384	0.251
日50×2t	6557	476	0.248
□60×2t	8682	464	0.255

【0013】表3に示されるように、c 値は、断面係数 Z との相関は直接得られない。そこで、本発明者らは、断面積 (A) との関係に着目し考察した結果、断面積 (A) の X 乗値と断面係数 (Z) との関係に着目した。更に、X の値について種々試行錯誤の結果、X を 0.1 とした場合、即ち  $C \times A^{0.1}$  と Z との間に相関があることが判明した。その関係を図10に示す。この図10の関係を式で示すと下式 (3) が得られる。

$$c \times A^{0.1} = 0.144 \times Z^{0.132}$$

$$c = 0.144 \times Z^{0.132} / A^{0.1} \quad \dots (3)$$

なお、上記式 (3) 中の係数 0.144 は、材料特性値や、断面形状等により、0.1～0.2 の範囲の値を採ることができる。

【0014】前記の (1)、(2)、(3) の式を用いてスプリングバック量即ちスプリングバック補正係数 (S) が予測される。このスプリングバック補正係数 (S) を用いて、所定の曲げ半径の製品を得るためには

以下の手順で実施する。

(1) 0.2% 耐力、加工硬化指数、断面係数、断面積及び製品の曲げ半径から、前記 (1)、(2)、(3) の式を用いてスプリングバック補正係数 (S) を計算する。

(2) スプリングバック補正係数は、

(S) = 実際に曲げられる半径 (R<sub>a</sub>) / 金型の位置関係から定まる理論曲げ半径 (R<sub>o</sub>)

であるから、この関係から実際に得ようとする曲げ半径 (R<sub>a</sub>) に対して、スプリングバック量 (S) を見込んだ曲げ半径 (R<sub>o</sub>) を求める。

(3) スプリングバック量 (S) を見込んだ曲げ半径 (R<sub>o</sub>) と、固定金型と可動金型との位置関係から可動金型の軸移動量 (M) を求め、この値を機械に入力データとして与え、曲げ加工を行なう。

$$M = R_o \times (1 - \cos(\sin^{-1}(D/R_o)))$$

D: 固定金型と可動金型の間隔 (mm)

【0015】この関係は、図11に示すように、固定金型1と可動金型2との間の曲げ状態を半径Rの円と仮定すると、これらの固定金型と可動金型の間隔をD、可動金型の軸移動量をM、可動金型の理論軸回転量を $\theta$ とすると、軸移動量Mと曲げ半径Rとの間には、次の関係がある。

$$R-M=R \cos \theta$$

$$M=R-R \cos \theta$$

$$M=R(1-\cos \theta)$$

$$\theta=\sin^{-1}(D/R)$$

$$\therefore M=R(1-\cos(\sin^{-1}(D/R)))$$

なお、可動金型の軸回転角度 $\theta$ は、図11の関係から、

$$\theta=2 \times \tan^{-1}(M/D)$$

であるが、実際の押し通し曲げ加工においては、固定金型と可動金型との間の材は、正確な円弧状とはならず、その受ける力も曲げモーメント、剪断力及び軸圧縮力を同時に受けることとなる。押し通し曲げの場合、軸圧縮力を加えるため、曲げの内側に皺等が発生し易く、\*

\*また、可動金型の軸回転角度が不足すると材は可動金型に円滑に導かれずに座屈や断面変形等を生じ易い。本発明者らは、このため先に、上記可動金型の軸回転角度を上記式で表される理論回転量に対して45～55%に設定することで、材に皺や断面変形が生じ難く、良好な曲げ成形を行うことができることを見いだして、先に出願したところである。本願発明においても、可動金型の回転角度をこれらの範囲に設定することで、材に皺や断面変形等を生じることなく、円滑に曲げ加工を行うことができる。

【0016】

【実施例】このようにして得られた計算式から求めたスプリングバック補正係数(S)と理論曲げ半径( $R_0$ )の積で求められる成形後の曲げ半径の計算値と実際の曲げ加工によって得られた曲げ半径とを比較した結果を表4～10に示す。尚、材質はアルミニウム合金JIS A6063である。

【0017】

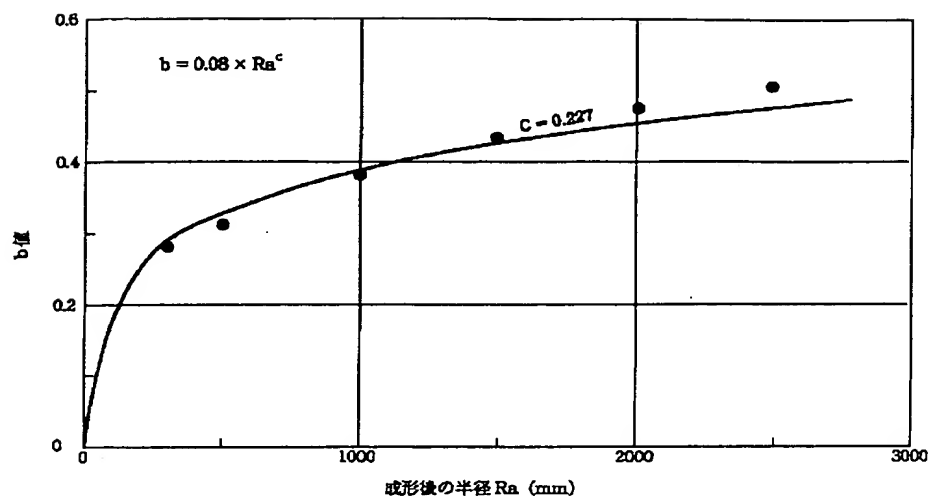
表4：□30×30×2t(ジュラコン金型)

理論曲げ半径 $R_0$ : mm	実測曲げ半径 $R_a$ : mm	0.2% 耐力 N/mm <sup>2</sup>	スプリングバック計算値 S	比 較 ( $R_0 \times S$ )/ $R_a$
275	1281	75	4.3	0.92
〃	1713	140	5.7	0.92
〃	2279	180	7.1	0.85
250	1040	75	4.0	0.95
〃	1388	140	5.2	0.94
〃	1713	180	6.1	0.89
200	688	75	3.4	0.99
〃	827	140	4.2	1.03
〃	894	180	4.5	1.00
125	327	75	2.7	1.02
〃	361	140	3.0	1.05
〃	372	180	3.1	1.05

【0018】

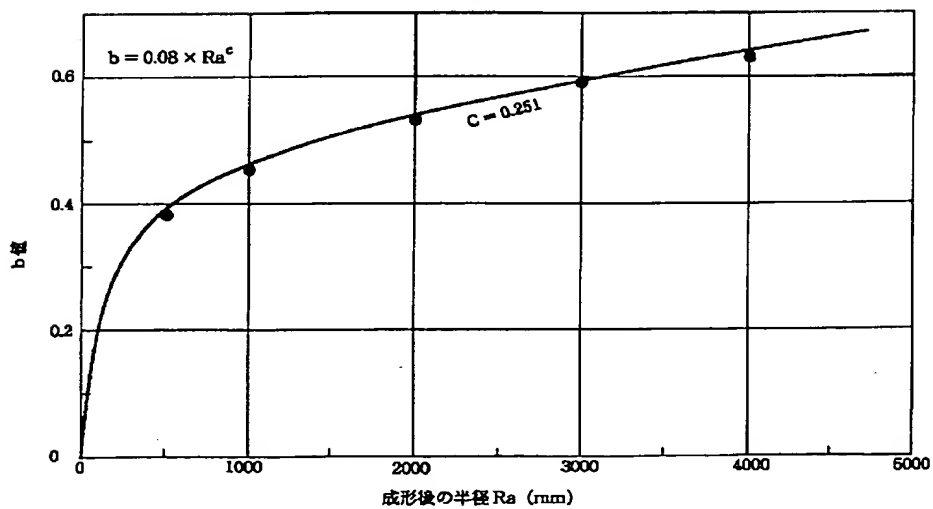
【図6】

□ 30



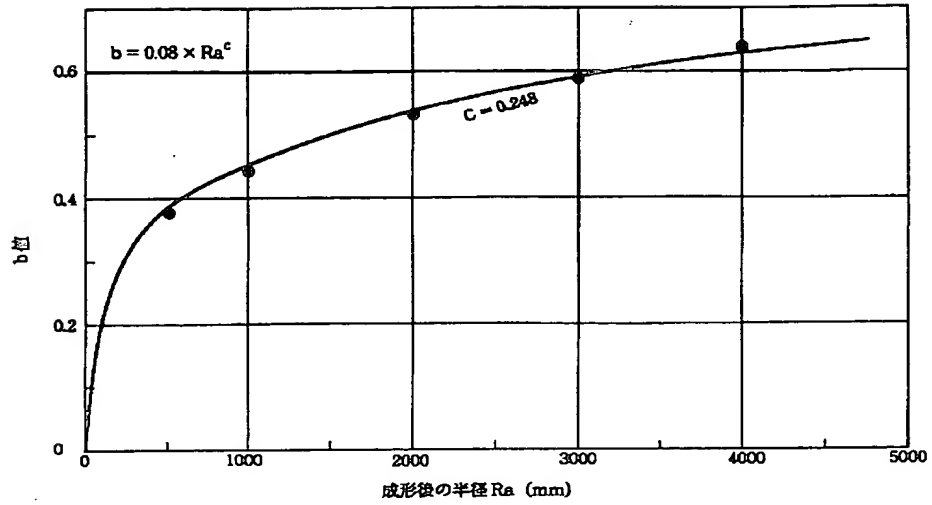
【図7】

□ 50



【図 8】

B 50



【図 9】

□ 60

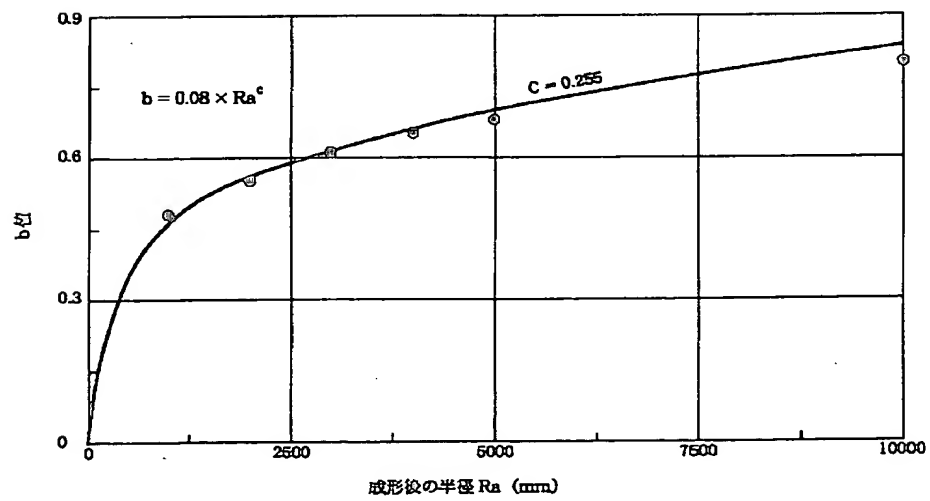


表5: □50×50×2t (ジュラコン金型)

理論曲げ半径 $R_0$ : mm	実測曲げ半径 $R_1$ : mm	0.2 % 耐力 $N/mm^2$	スプリングバック計算値 $S$	比較 $(R_0 \times S) / R_1$
275	2606	80	9.7	1.03
"	3513	100	12.9	1.01
"	4804	130	17.2	0.99
"	16144	180	64.6	1.10
250	2106	80	8.5	1.01
"	2771	100	11.1	1.00
"	4326	130	16.4	0.95
"	9242	180	35.2	0.95
200	1278	80	6.5	1.01
"	1475	100	7.4	1.01
"	1638	130	8.1	0.99
"	2659	180	11.9	0.89
125	562	80	4.4	0.97
"	585	100	4.6	0.98
"	649	130	4.9	0.95
"	727	180	5.2	0.90

【0019】

表6: 日50×50×2t (ジュラコン金型)

理論曲げ半径 $R_o : mm$	実測曲げ半径 $R_s : mm$	0.2 % 耐力 $N/mm^2$	スプリングバック計算値 $S$	比 較 $(R_o \times S) / R_s$
275	2329	80	8.5	1.00
"	2713	100	9.7	0.98
"	6477	130	21.1	0.90
"	8627	180	28.7	0.91
250	1980	80	7.8	0.98
"	2141	100	8.3	0.97
"	3251	130	12.0	0.92
"	5401	180	18.9	0.88
200	1167	80	5.8	1.00
"	1231	100	6.1	0.99
"	1459	130	7.1	0.97
"	2289	180	9.9	0.87
125	502	80	3.9	0.98
"	523	100	4.1	0.98
"	607	130	4.5	0.93
"	649	180	4.7	0.90

【0020】

表7: □60×60×2t (ジュラコン金型)

理論曲げ半径 R <sub>0</sub> :mm	実測曲げ半径 R <sub>a</sub> :mm	0.2% 耐力 N/mm <sup>2</sup>	スプリングバック計算値 S	比 較 (R <sub>0</sub> ×S)/R <sub>a</sub>
275	3940	75	14.8	1.03
"	8632	140	39.5	1.26
"	43041	180	455.5	2.91
250	2835	75	11.6	1.03
"	5406	140	25.2	1.16
"	12933	180	71.7	1.39
200	1643	75	8.1	0.99
"	2376	140	12.8	1.07
"	4192	180	23.0	1.10
125	676	75	5.0	0.93
"	799	140	6.3	0.99
"	915	180	7.2	0.99

【0021】

表8: □50×50×2t (ローラー金型)

理論曲げ半径 $R_o$ : mm	実測曲げ半径 $R_a$ : mm	0.2% 耐力 $N/\text{mm}^2$	スプリング計算値 S	比較 ( $R_o \times S$ )/ $R_a$
276	2415	80	9.2	1.05
"	3097	100	11.6	1.03
"	8627	130	30.8	0.98
"	16164	180	64.8	1.10
250	1951	80	8.1	1.04
"	2371	100	9.8	1.03
"	3935	130	15.2	0.97
"	8627	180	32.8	0.95
200	1243	80	6.4	1.02
"	1384	100	7.0	1.02
"	2106	130	9.9	0.94
"	2958	180	12.9	0.87
125	580	80	4.4	0.95
"	613	100	4.7	0.95
"	678	130	5.0	0.92
"	827	180	5.6	0.85



表9: 日50×50×2t (ローラー金型)

理論曲げ半径 $R_o$ : mm	実測曲げ半径 $R_a$ : mm	0.2% 耐力 $N/mm^2$	スプリングバック計算値 S	比較 $(R_o \times S)/R_a$
275	2106	80	8.0	1.04
"	2289	100	8.6	1.03
"	3712	130	13.1	0.97
"	9242	180	32.5	0.97
250	1659	80	7.0	1.05
"	1980	100	8.1	1.02
"	2250	130	9.1	1.01
"	4057	130	15.0	0.93
200	1026	80	5.4	1.06
"	1128	80	5.9	1.04
"	1618	100	7.7	0.96
"	1895	130	8.7	0.92
125	484	80	3.9	1.00
"	487	100	3.9	1.01
"	517	130	4.2	1.01
"	587	180	4.4	0.95

【0023】

表10: 異形断面材 (ジュラコン金型)

理論曲げ半径 $R_o$ : mm	実測曲げ半径 $R_a$ : mm	0.2% 耐力 $N/mm^2$	スプリングバック計算値 S	比較 $(R_o \times S)/R_a$
275	2260	86 (T <sub>1</sub> )	8.3	1.01
"	14616	192 (T <sub>2</sub> )	57.4	1.08
250	2021	86 (T <sub>1</sub> )	7.6	0.94
"	8904	192 (T <sub>2</sub> )	31.7	0.89
200	1093	86 (T <sub>1</sub> )	5.3	0.97
"	1922	192 (T <sub>2</sub> )	9.9	1.03
125	539	86 (T <sub>1</sub> )	4.1	0.95
"	606	192 (T <sub>2</sub> )	4.8	0.99
T <sub>1</sub> : T <sub>1</sub> 処理材、T <sub>2</sub> : T <sub>2</sub> 処理材				

【0024】表10のものは、図12に示す異形断面材（材質アルミニウム合金JIS A6N01:調質T<sub>1</sub>材、T<sub>2</sub>材）を用いて曲げ成形試験を行い、スプリングバック計算値の妥当性の検証を実施したものである。こ

の結果、表10に示されるように、スプリングバック計算値(S)を用いて求められる曲げ半径( $R_o \times S$ )と実際に曲げられた形材の実測曲げ半径( $R_a$ )との比率は、ほぼ1.0に近い値である。このことから、本発明

のスプリングバックを求めるための計算式は、角管や日の字型断面ではない、異形断面材に対しても適用可能であることが判る。これらの表4～10に示される結果から、前記の手順によって求めたスプリングバック補正係数の計算値(S)によって補正した曲げ半径と実際の曲げ加工後の曲げ半径とを比較すると、1.00を中心にはば±数%程度の偏差の範囲に収まることが判る。この差がそれ以上となるものは、いずれも実測曲げ半径の数値が5000mm前後或いはそれ以上であって、曲率半径が極端に大きく、スプリングバックの影響が著しく大きい場合に限られることが判る。従って、2次元或いは3次元の曲げ加工において、極めて高い精度で曲げ加工の予測が可能であり、実用上数回程度のテスト曲げにより製品誤差範囲に収めることができる。

#### 【0025】

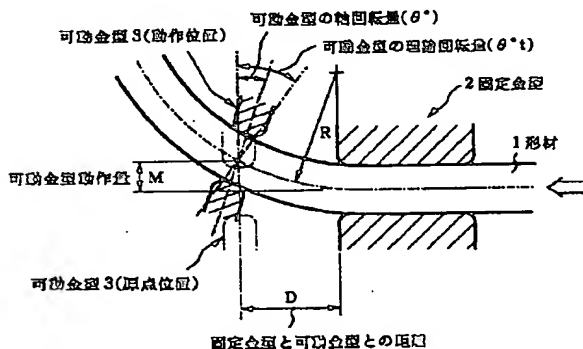
【発明の効果】以上に説明したように、本発明の曲げ加工方法によれば、A1合金等の型材を押し通し曲げ加工するに際して、型材に固有の形状、断面係数、断面積、0.2%耐力を用いてスプリングバック補正係数(S)を求めることにより、高い精度での曲げ加工が可能であって、従来は曲げ加工が困難であった複雑な2次元或いは3次元の曲げ加工が高い精度で行うことができ、また計算によって容易にこれらの予測ができるため、生産性を著しく向上することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 押し出し型材の押し通し曲げ加工の説明図。

【図2】 断面形状□30×2tの型材のスプリングバック補正係数(S)と加工硬化指数n及び0.2%耐力 $\sigma_{0.2}$ の関係を示す。

【図1】



【図3】 断面形状□50×2tの型材のスプリングバック補正係数(S)と加工硬化指数n及び0.2%耐力 $\sigma_{0.2}$ の関係を示す。

【図4】 断面形状日50×2tの型材のスプリングバック補正係数(S)と加工硬化指数n及び0.2%耐力 $\sigma_{0.2}$ の関係を示す。

【図5】 断面形状□60×2tの型材のスプリングバック補正係数(S)と加工硬化指数n及び0.2%耐力 $\sigma_{0.2}$ の関係を示す。

10 【図6】 断面形状□30×2tの型材のb値と成形後の半径Raの関係を示す。

【図7】 断面形状□50×2tの型材のb値と成形後の半径Raの関係を示す。

【図8】 断面形状日50×2tの型材のb値と成形後の半径Raの関係を示す。

【図9】 断面形状□60×2tの型材のb値と成形後の半径Raの関係を示す。

【図10】 c値と型材の断面積A及び断面係数Zの関係を示す。

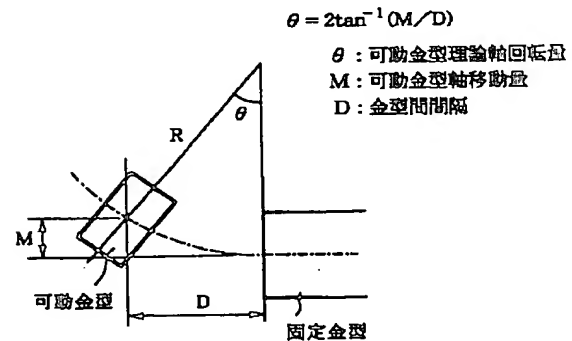
20 【図11】 固定金型と可動金型との間隔D、曲げ半径R及び可動金型の移動量Mと理論軸回転量 $\theta$ の関係を示す。

【図12】 表10の曲げ成形実験に用いた異形断面型材の断面形状を示す。

#### 【符号の説明】

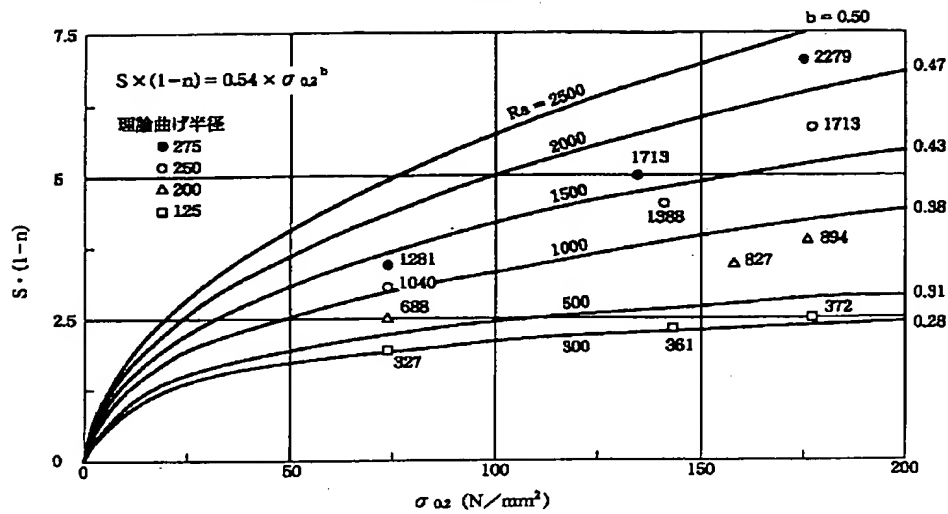
1: 型材    2: 固定金型    3: 可動金型    D: 固定金型と可動金型との間隔  
M: 可動金型の軸移動量  
R: 曲げの曲率半径     $\theta$ : 可動金型の理論軸回転量  
 $\theta^\circ$ : 可動金型の軸回転量

【図11】

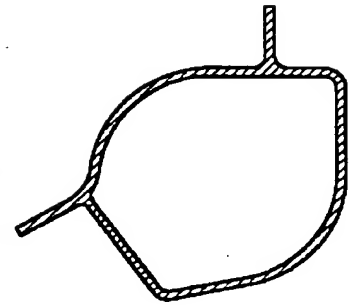


【図2】

ジュラコン金型 □30

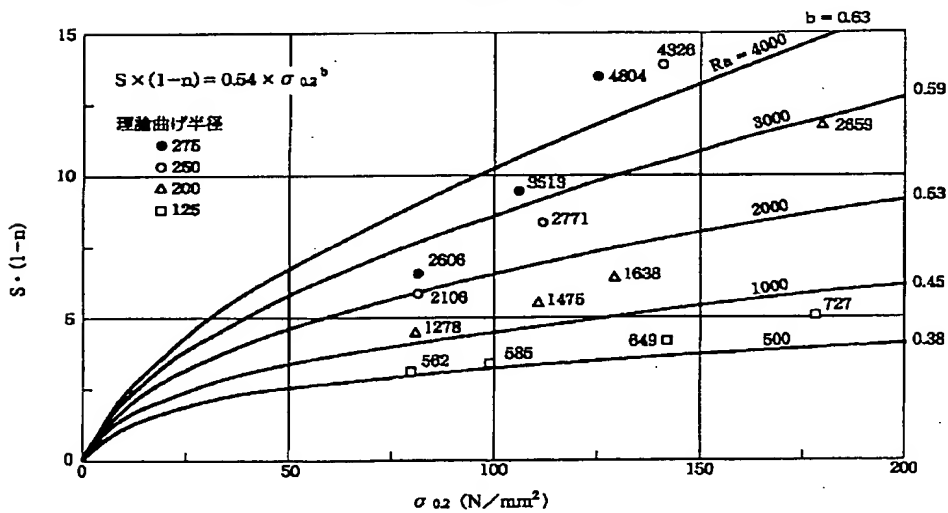


【図12】



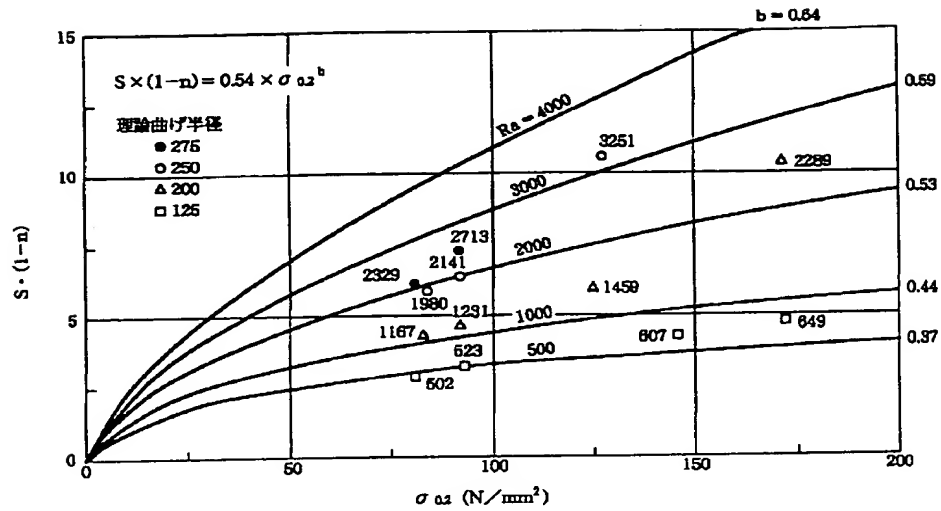
【図3】

ジュラコン金型 □50



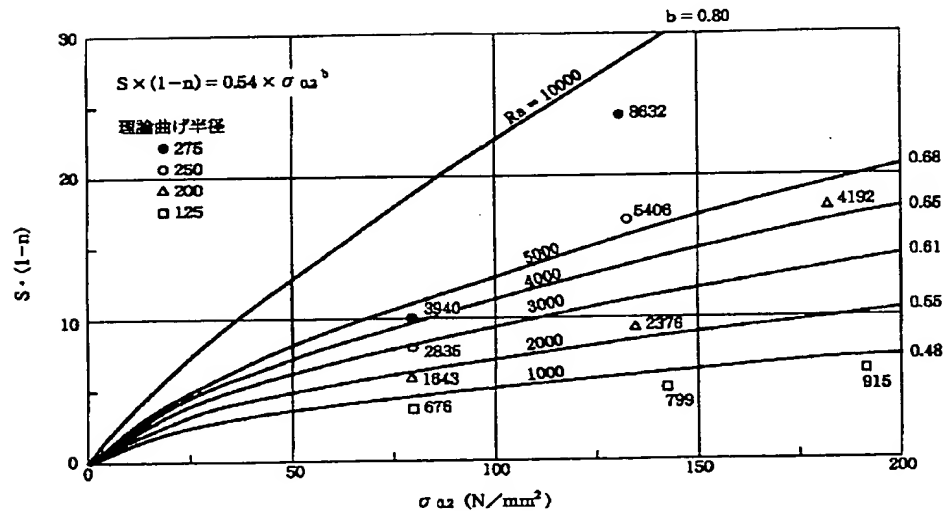
【図4】

ジュラコン金型 日50

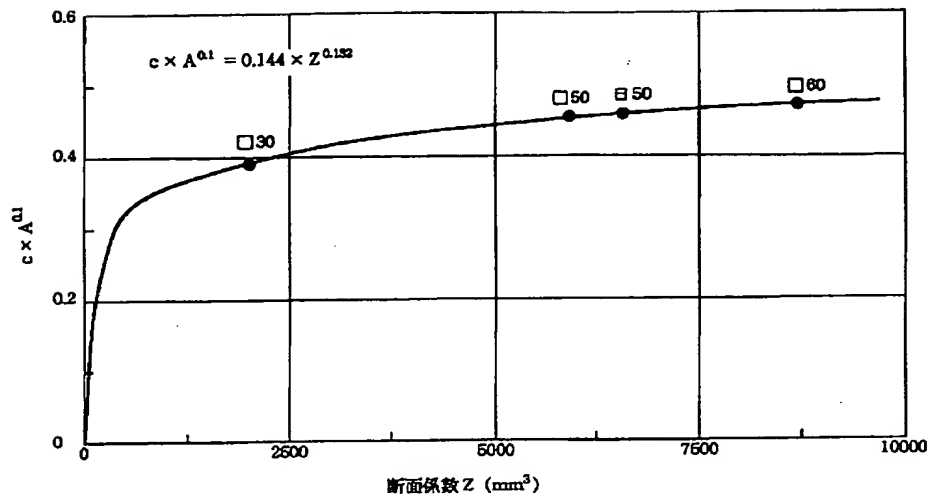


【図5】

ジュラコン金型 □60



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 樋野 治道  
 静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号  
 日本軽金属株式会社グループ技術センター  
 内

(72)発明者 杉山 敬一  
 東京都品川区東品川2丁目2番20号 日本  
 軽金属株式会社内

THIS PAGE BLANK (USPTO)